Imagerie médicale et plastination au service de la compréhension de la phylogénie des poissons plats (Pleuronectiformes)

par

Bruno CHANET (1), Martine DESOUTTER (2) & Claude GUINTARD (1)

RÉSUMÉ. - Le but de cet article est de présenter l'intérêt d'une étude moderne de l'anatomie molle des Pleuronectiformes pour déterminer leurs relations de parenté. Une analyse bibliographique, couplée à des dissections, de quatre caractères (1. présence de caeca digestifs, 2. extension postérieure du tube digestif, 3. présence d'un lobe rénal caudal asymétrique, 4. structure du chiasma optique) permet de montrer que l'étude des structures anatomiques non minéralisées révèle des informations potentiellement importantes pour reconstituer la phylogénie de ces animaux. Ainsi, l'absence de caeca digestifs (1) peut-être interprétée comme une synapomorphie du clade formé par les familles suivantes : Poecilopsettidae, Rhombosoleidae, Samaridae, Achiridae, Soleidae et Cynoglossidae. L'extension postérieure du tube digestif (2) semble être un état évolué de caractère partagé par les Achiridae et les Soleidae. Un lobe rénal caudal asymétrique (3), présent du côté aveugle ne se rencontre que chez les Achiridae, les Soleidae et les Cynoglossidae ; il est probable qu'il s'agisse d'une synapomorphie du clade formé par ces trois familles. La répartition des deux états du chiasma optique (4) rencontrés chez les poissons plats peut être interprétée en terme d'héritage depuis l'ancêtre commun. Cependant, tant pour des raisons muséologiques que pratiques, ce genre d'étude est difficile à mener sur des spécimens rares conservés dans l'alcool. Or, les techniques modernes d'imagerie médicale, comme l'échographie à haute résolution ou l'imagerie à résonance magnétique (IRM), permettent une étude anatomique non destructrice des organismes. Ces techniques ont été testées sur des spécimens de collection et ont donné des résultats positifs. Même si les essais doivent être continués et les protocoles bien adaptés aux spécimens conservés dans l'alcool, il apparaît que l'échographie et l'IRM, couplées aux techniques modernes de préservation des tissus comme la plastination, peuvent relancer l'intérêt porté à l'étude des organes mous dans une optique phylogénétique.

ABSTRACT. - Medical imagery and plastination: Tools for understanding flatfish phylogeny (Pleuronectiformes).

The study of flatfish interrelationships has been mainly a bony story. Most features used to reconstruct the phylogeny of pleuronectiform fishes are up to now skeleton structures features. Nevertheless, some dissections and a survey of the literature showed that the study of soft anatomy reveals an amount of data, which are worthy of interest to understand better flatfish phylogenetics. Four features have been examined: 1. presence of digestive appendages, 2. posterior extension of digestive tract, 3. presence of an asymmetrical kidney lobe, 4. structure of the optic chiasma. The absence of pyloric appendages (1) appears to be a synapomorphy of the clade formed by Poecilopsettidae, Rhombosoleidae, Samaridae, Achiridae, Soleidae and Cynoglossidae, with convergences with derived genera of Pleuronectidae and Scophthalmidae. The posterior extension of the digestive tract (2) seems to be an evolved character-state shared by Achiridae and Soleidae. An asymmetric kidney caudal lobe (3) is present in the species belonging to Achiridae-Soleidae-Cynoglossidae clade. A monomorphic optic chiasma (4) may be an evolved character-state for flatfishes of the citharid family and the bothoid group, while the dimorphic optic chiasma present in Achiridae, Soleidae and Cynoglossidae would be the result of a reversion. Even if more dissections and observations are needed to corroborate or refute these hypotheses, the present analysis shows that soft anatomy features can provide phylogenetic information. Nevertheless, this kind of study is not easy to perform, especially on preserved specimens. Both museologic and practical reasons prevent to make a large number of dissections: preserved tissues are hard to dissect and curators hesitate before committing destructive acts on collection specimens. To avoid these problems, we have tried to use modern medical imagery techniques (High resolution echography, Magnetic Resonance Imaging, etc.) on alcohol-preserved specimens. These techniques provide data without destroying specimens, but the reading and the interpretation of the obtained images need a long teaching step. Meanwhile, the Magnetic Resonance Imaging technique (MRI) seems to be the most efficient one to obtain data, but a high intensity magnetic field is needed to observe anatomical details. Anyway, theses approaches do not replace dissections, which are still useful to learn, teach and discover anatomy. In that perspective, the technique of plastination appears to be a good mean to preserve dissected specimens.

Key words. - Pleuronectiformes - Phylogeny - Anatomy - Echography - MRI - Plastination.

Notre connaissance actuelle des relations de parenté entre les différentes familles de l'ordre des Pleuronectiformes est principalement fondée sur des données morphologiques et ostéologiques. Le travail fondateur de Chapleau (1993) sur la phylogénie des poissons plats comprend un seul caractère d'anatomie molle (caractère 2, présence du *recessus orbicularis*) sur un total de 39 caractères majoritairement ostéologiques. La résolution des relations de parenté

(1) Laboratoire d'anatomie comparée, École nationale vétérinaire de Nantes, Route de Gachet, BP 40706, 44307 Nantes, FRANCE. [bruno.chanet@ac-rennes.fr] [guintard@vet-nantes.fr].

(2) Département de systématique et évolution, Unité taxonomie-collections, USM 602, Muséum national d'Histoire naturelle, CP 26, 57 rue Cuvier, 75231 Paris CEDEX 05, FRANCE. [desoutte@mnhn.fr].

entre espèces de la famille des Pleuronectidae (Cooper et Chapleau, 1998) est fondée sur 106 caractères, dont quatre proviennent de l'étude des structures molles (tube digestif et œufs). Hoshino (2001) utilise trois caractères myologiques, parmi 45 essentiellement osseux, pour préciser la phylogénie des Pleuronectoidei. Le travail de Chanet (2003) sur la phylogénie des Scophthalmidae repose sur l'étude de 24 caractères morphologiques ou ostéologiques, un seul caractère portant sur la structure du tube digestif. Nous nous sommes interrogés sur les raisons d'une telle pauvreté des données issues de l'étude des viscères ou du système nerveux ; tout anatomiste qui a pris la peine d'aborder la splanchnologie sait très bien que les caractères observés sont aussi valides que ceux des structures "dures". Le retrait actuel des disciplines descriptives devant les disciplines explicatives (de Ricqlès, 1996 ; Lecointre, 2004), les contraintes inhérentes à l'étude des organes mous (odeurs gênantes, plus ou moins bon état de préservation, mauvaise conservation de la topographie après ouverture,…) et les difficultés à obtenir des spécimens de collection pour toute étude un tant soit peu destructrice peuvent expliquer cette situation. Notre but ici est non seulement de montrer que les données issues de l'anatomie molle apportent des informations pertinentes et complémentaires afin de résoudre les relations de parenté entre Pleuronectiformes, mais aussi de voir comment les contraintes inhérentes à l'étude des organes mous peuvent être contournées grâce aux techniques modernes de l'imagerie médicale et de préservation des structures molles.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'anatomie molle des Pleuronectiformes a tout d'abord été étudiée au moyen de la bibliographie. Cependant, en ce qui concerne le caractère "structure du rein", l'analyse a également été menée par le biais de dissections sur les spécimens suivants (les codes des institutions sont définis dans Eschmeyer (1998) ; chaque fois que cela a été possible, le sexe des individus étudiés a été indiqué) :

Cynoglossidae. - *Cynoglossus canariensis* Steindachner, 1882, MNHN 1956-0080 (1 ind.) ; *Symphurus jenynsi* Evermann & Kendall 1906, MNHN-1975-0262 (1 mâle). **Soleidae**. - *Bathysolea profondicola* (Vaillant, 1888), MNHN 1988-0619 (1 femelle) ; *Brachirus aenea* (Smith, 1931), MNHN 1965-0458 et -0464 (2 ind.) ; *Brachirus orientalis* (Bloch & Schneider, 1801), MNHN 1969-0050 (1 ind.) ; *Dicologlossa cuneata* (Moreau, 1881), ENVN (4 femelles, 3 mâles) ; *Microchirus (M.) variegatus* (Donovan, 1808), MNHN 1988-0281 (2 ind.) ; *Monochirus hispidus* (Rafinesque, 1814), MNHN-1938-0156 (2 ind.) ; *Pegusa lascaris* (Risso, 1810), ENVN (4 femelles, 5 mâles) ; *Solea solea* (Linnaeus, 1758), ENVN (2 mâles, 2 femelles) ; *Synaptura lusitanica* Capello, 1868, MNHN 1997-3971 (1 ind.) ; *Zebrias japonica* (Bleeker, 1860), MNHN 1976-0390 (2 ind.).

ENVN = École nationale vétérinaire de Nantes ; MNHN = Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.

Des échographies sur des soles blondes (*Pegusa lascaris* (Soleidae), LS = 245 et 256 mm) fraîchement tuées ont été réalisées grâce à un échographe Technos (ESAOTE) à sonde linéaire électronique de 13 MHz. Une imagerie par résonance magnétique (IRM) et des échographies ont été menées sur un spécimen d'arnoglosse de Thor (*Arnoglossus thori*, Kyle 1913, famille des Bothidae, LS : 149 mm), un poisson plat pêché dans la baie de Douarnenez, formolé puis conservé dans l'alcool pendant au moins deux décennies. L'appareil utilisé avait un champ magnétique de 0,2 Tesla et 71 coupes transversales virtuelles du spécimen ont été réalisées (Chanet, 2005). Chaque voxel avait une section de 750 µm, les paramètres de la séquence IRM (ensemble des paramètres définissant les impulsions de champ magnétique et les caractéristiques des mesures effectuées (Haacke *et al.*, 1999 ; Kastler et Vetter, 2003) réalisée sont un temps d'écho (TE) de 7,7 ms, un temps de répétition (TR) de 350 ms et un angle de bascule de 0°. Ce sont avec ces paramètres que les images avaient la meilleure résolution. Des TE de 6,6, 7,7, 10, 15 et 22,5 ms, des TR de 40, 140, 177, 300 et 350 ms et des angles de bascule de 0°, 40° et 90° ont été testés. L'animal étant mort, aucun produit de contraste, tel le gadodiamide (Harpur *et al.*, 1993), n'a pu être injecté. Les spécimens étudiés sont déposés dans les collections du Laboratoire d'anatomie comparée de l'École nationale vétérinaire de Nantes.

La technique de plastination a été menée sur deux individus de sole commune (*Solea solea*, L. 1758) selon la technique de Asadi (1998). Les deux spécimens plastinés sont conservés dans les collections du Laboratoire d'anatomie comparée de l'École nationale vétérinaire de Nantes.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les apports de l'anatomie molle

L'analyse bibliographique, accompagnée de dissections, de quatre caractères d'anatomie molle a été menée sur les caractères suivants : 1. présence de caeca digestifs, 2. extension asymétrique et postérieure de l'intestin le long de la musculature hypaxiale, 3. présence d'un lobe rénal caudal asymétrique gauche, 4. structure du chiasma optique.

Présence de caeca digestifs

Deux états peuvent être identifiés pour ce caractère : i) des caeca digestifs sont présents (Fig. 1) : cas des téléostéens en général, des Psettodidae, des Citharidae, des Tephrinectidae, des Scophthalmidae les plus basaux, des Bothidae, des Paralichthyidae et des Pleuronectidae les plus basaux (Wu, 1932 ; Chabanaud 1947a ; De Groot, 1971 ; Cooper et

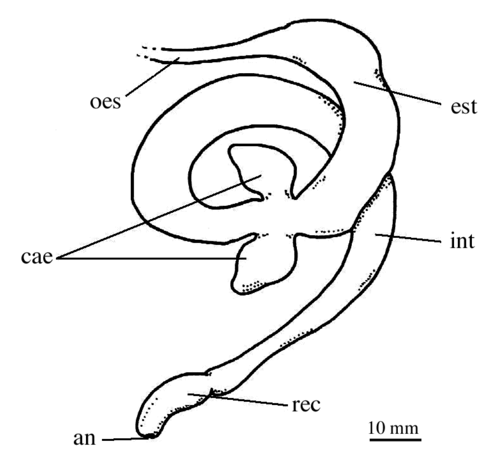


Figure 1. - Vue latérale gauche du tube digestif d'un turbot (*Scophthalmus maximus*, MNHN 1997-4179), modifiée d'après Chanet (2003, fig. 13). an = anus ; cae = caecum digestif ; est = estomac ; int = intestin oes = œsophage ; rec = rectum. *[Left lateral view of the digestive tract of a turbot (*S. maximus*), modified from Chanet (2003, fig. 13). an = anus; cae = pyloric appendage; est = stomach; int = intestine ; oes = oesophagus; rec = rectum.]*

Chapleau, 1998 ; Chanet, 2003) ; ii) les caeca digestifs sont absents (cas des Scophthalmidae des genres *Phrynorhombus* et *Zeugopterus*, des genres *Platichthys* et *Clidoderma* chez les Pleuronectidae, des Rhombosoleidae, des Poecilopsettidae, des Samaridae, des Achiridae, des Soleidae (Fig. 2) et des Cynoglossidae (De Groot, 1971 ; Kobelkowsky, 2000 ; Chanet, 2003). L'analyse de De Groot (1971) a montré que les états de ce caractère n'étaient pas liés au régime alimentaire des animaux.

La répartition de ces états (Fig. 5) tend à montrer que l'absence de caeca est une synapomorphie du clade formé par les Rhombosoleidae, les Poecilopsettidae, les Samaridae, les Achiridae, les Soleidae et les Cynoglossidae avec deux convergences dans les genres les plus dérivés à la fois au sein des Scophthalmidae (*Phrynorhombus, Zeugopterus*), d'une part, et plusieurs genres de Pleuronectidae (*Platichthys, Clidoderma*), d'autre part.

Extension asymétrique et postérieure de l'intestin le long de la musculature hypaxiale de la face oculée

Chez la majorité des Pleuronectiformes et les téléostéens en général, le tube digestif est généralement enroulé dans la cavité abdominale (Fig. 1) (Groot, 1971 ; Sakamoto, 1984 ; Chanet, 2003). Chez les poissons plats appartenant aux familles des Achiridae (Groot, 1971 ; Kobelkowsky, 2000), des Soleidae (Groot, 1971) et au clade *Glyptocephalus-Microstomus* au sein des Pleuronectidae (*ibid.* ; Cooper et Chapleau, 1998), le tube digestif s'étend postérieurement du côté droit entre les épines hémales et la musculature hypaxiale droite (Fig. 2).

Cette extension du tube digestif peut être interprétée (Fig. 5) comme un état de caractère évolué partagé par les Achiridae et les Soleidae, avec une convergence chez les Pleuronectidae appartenant aux genres *Glyptocephalus* et *Microstomus* (Groot, 1971 ; Sakamoto, 1984).

Présence d'un lobe rénal caudal asymétrique

Le rein des téléostéens est un organe symétrique plaqué sur la face ventrale des centra vertébraux en région précaudale (Cole et Johnstone, 1902 ; Audigé, 1910 ; Chabanaud, 1947b). Chez les Achiridae (Kobelkowsky, 2000) et les Soleidae (Chanet *et al.*, 2005), le rein possède un grand lobe caudal asymétrique sur la face aveugle (Figs 3, 4). Audigé (1910) avait mentionné cet état de caractère chez *Solea solea*, la dissection d'une trentaine d'individus a permis d'observer sa présence chez neuf genres et dix espèces de Soleidae. Une légère asymétrie est également visible dans le rein des Cynoglossidae, où la partie inférieure du rein vient surplomber latéralement et à droite le premier ptérygiophore anal. Kobelkowsky (2000) le décrit mais malheureusement sans mentionner les espèces de Cynoglossidae examinées. Cet état de caractère a été observé chez un spécimen disséqué de *Symphurus jenynsi* (Cynoglossidae), mais pas lors de la dissection d'un *Cynoglossus canariensis* (Cynoglossidae). Chabanaud (1947b) ne la mentionnait pas dans son travail sur le rein des Cynoglossidae. Kobelkowsky (2000) interprétait

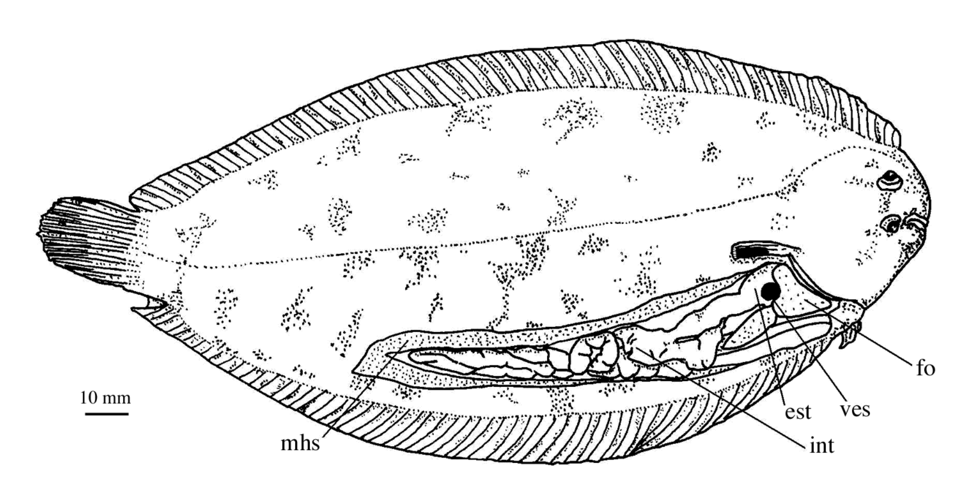


Figure 2. - Vue latérale droite de dissection d'une sole blonde [*Pegusa lascaris* (collections ENVN)]. est = estomac ; fo = foie ; int = intestin ; mhs = musculature hypaxiale sectionnée ; ves = vésicule biliaire. *[Right lateral view of a dissected sand sole (*P. lascaris*). est = stomach; fo = liver; int = gut; mhs = cut hypaxial muscle ; ves = gallbladder.]*

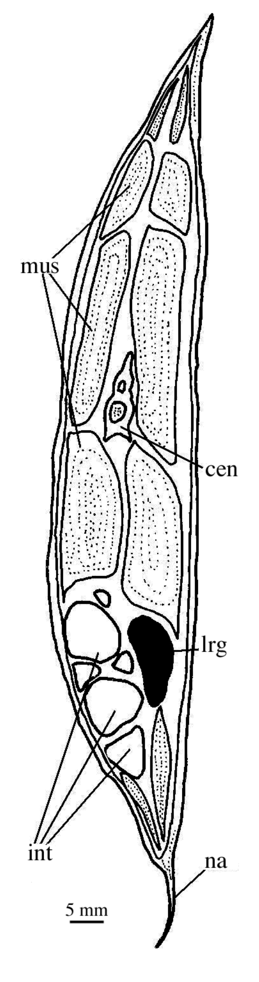


Figure 3. - Coupe transversale dans une sole blonde [*Pegusa lascaris* (collections ENVN)]. cen = centrum vertébral; int = intestin ; lrg = lobe rénal gauche ; mus = muscles ; na = nageoire anale. *[Transverse section in a sand sole (*P. lascaris*). cen = vertebral centrum; int = gut; lrg = left kidney lobe; mus = muscles; na = anal fin.]*

cette asymétrie du rein des Achiridae comme une compensation de l'extension postérieure de l'intestin du côté oculé. Cependant, la présence d'un léger développement du lobe rénal sur la face oculée chez certains Cynoglossidae, alors que l'intestin ne présente pas d'extension postérieure du côté oculé chez ces animaux, empêche de considérer que ces deux caractères sont liés.

Cette disposition asymétrique du rein pourrait être interprétée (Fig. 5) comme une synapomorphie du clade formé par les Achiridae, les Soleidae et les Cynoglossidae, mais l'examen de l'anatomie interne d'un plus grand nombre d'espèces de Cynoglossidae est nécessaire.

Structure du chiasma optique

Deux types de chiasma ont été identifiés chez les téléostéens : i) un chiasma dimorphique, dans lequel le nerf optique de l'œil migrateur est dorsal dans le chiasma chez 50% des individus d'une même espèce, ce nerf étant ventral chez les 50% restant. Ce type de chiasma est rencontré en dehors des Pleuronectiformes, ainsi que chez les Psettodidae, les Soleidae, les Cynoglossidae et les Achiridae (Regan, 1910 ; Wu, 1932 ; Norman, 1934 ; Hubbs, 1945 ; Policansky, 1982 ; Hensley et Ahlstrom, 1984) ; ii) un chiasma monomorphique, dans lequel le nerf optique de l'oeil migrateur est toujours dorsal dans le chiasma. Ce type de chiasma se rencontre chez les Citharidae, les Scophthalmidae, les Paralichthyidae, les Bothidae et les Pleuronectidae (Regan, 1910 ; Wu, 1932 ; Norman, 1934 ; Hubbs, 1945 ; Policansky, 1982 ; Hensley et Ahlstrom, 1984). Hensley et Ahlstrom (1984) attribuaient une importance aux individus inversés au sein d'une même espèce pour déterminer le type de chiasma présent dans une espèce. Or, de tels individus inversés sont en fait des monstres, et les données tératologiques ne viennent qu'obscurcir les interprétations: ce type d'individu n'est pas pris en compte ici.

La répartition des deux types de chiasma au sein des Pleuronectiformes (Fig. 5) tend à montrer qu'un chiasma monomorphique serait un état évolué de caractère partagé par les poissons plats du groupe bothoïde (clade regroupant les Scophthalmidae, les Bothidae, les "Paralichthyidae" et les Pleuronectidae) et les Citharidae et que le chiasma dimorphique des Achiridae, Soleidae et Cynoglossidae serait le résultat d'une réversion. Cependant, il s'agit de bien voir que les états de ce caractère n'ont été déterminés que chez relativement peu d'espèces ; l'état de ce caractère est inconnu pour *Tephrinectes*, les Samaridae, les Poecilopsettidae et les Rhombosoleidae. De surcroît, une dissection fine d'une région difficile d'accès est nécessaire et, cela, sur de nombreux spécimens, pour déterminer si le chiasma optique est

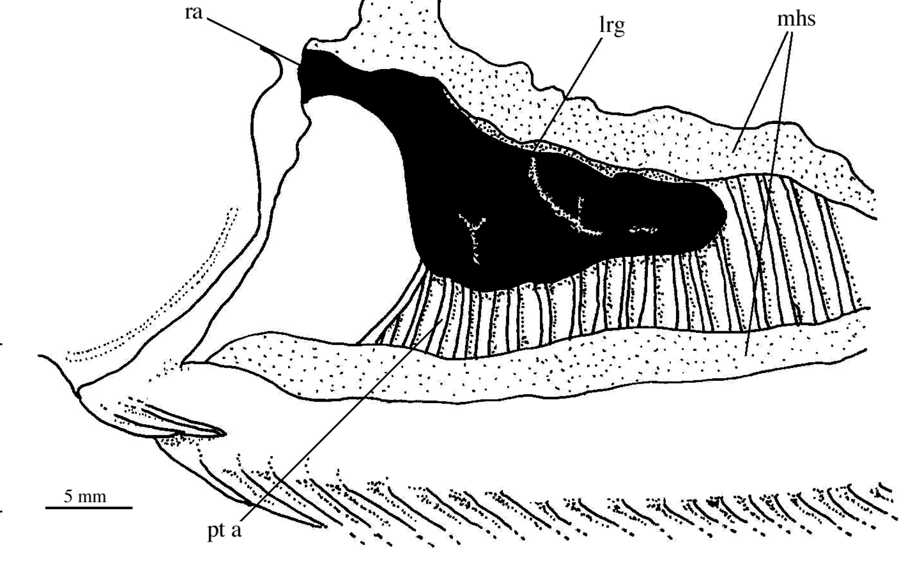


Figure 4. - Vue latérale gauche d'une dissection de sole blonde [*Pegusa lascaris* (collections ENVN)], lrg = lobe rénal gauche ; mhs = musculature hypaxiale sectionnée ; pt a = ptérygiophore anal ; ra = rein. *[Left lateral view of a dissected sand sole (*P. lascaris*). lrg = left kidney lobe; mhs = cut hypaxial muscles; pt a = anal pterygiophore; ra kidney.]*

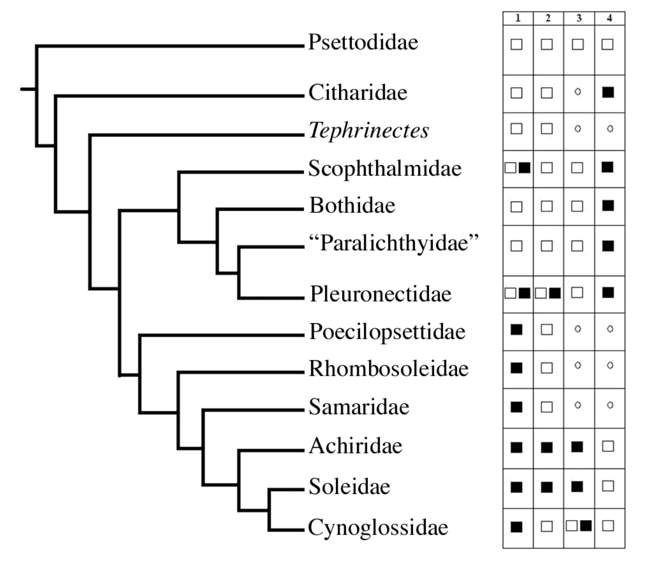


Figure 5. - Répartition des états de caractères observés sur des organes "mous" sur l'arbre de relations de parenté entre familles de Pleuronectiformes [modifiée d'après Hoshino (2001) et Chanet *et al.* (2003)]. Pour chaque caractère, le carré blanc indique l'état présent en dehors des Pleuronectiformes, le carré noir indique l'état présent chez certains Pleuronectiformes, le signe ° indique l'absence de données. Se reporter au texte pour les détails. *[Distribution of character-states on the Pleuronectiformes families interrelationships tree [modified from Hoshino (2001) and Chanet* et al. *(2003)]. For each feature, white square indicates the state present out of Pleuronectiformes, black square indicates the state present in some Pleuronectiformes. ° indicates the lack of data. See text for further details.]*

monomorphique ou dimorphique. Nous espérons que des travaux complémentaires viendront éclaircir ce point.

En conséquence, il est possible d'affirmer que l'étude de l'anatomie molle des poissons plats peut apporter des informations importantes pour mieux comprendre la phylogénie de ces animaux. L'introduction de ces données dans une matrice avec d'autres caractères (ostéologiques, myologiques,…) serait judicieuse, mais reste prématurée à ce jour en raison du manque de connaissances sur l'anatomie molle de nombreuses espèces de poissons plats. Beaucoup d'incertitudes demeurent et les analyses précédentes seraient plus pertinentes si les états de caractères pouvaient être déterminés pour davantage d'espèces et de spécimens. Cependant, réaliser de multiples dissections sur un grand nombre d'espèces différentes est difficile. Les responsables des collections interdisent ou limitent les dissections de spécimens ; cela est bien compréhensible dans la mesure où toute dissection entraîne une indéniable destruction. De surcroît, la conservation des spécimens dans l'alcool complique les dissections en durcissant les chairs et en modifiant la couleur de certaines structures anatomiques. L'idéal serait donc de disposer de techniques non destructives permettant d'avoir accès à l'anatomie de structures non minéralisées sur des spécimens conservés dans l'alcool depuis des décennies. À cet effet, nous nous sommes tournés vers les techniques modernes d'investigation et de préservation des données anatomiques.

Les apports de l'imagerie médicale

Deux techniques non invasives ont été testées sur des Pleuronectiformes frais ou conservés dans l'alcool : l'échographie et l'imagerie par résonance magnétique (IRM).

Des échographies ont été menées sur des soles blondes (*Pegusa lascaris*, Soleidae) fraîchement tuées et un spécimen d'arnoglosse de Thor (*Arnoglossus thori*, Bothidae), conservé dans l'alcool depuis plus de 20 ans ; l'échographie (Fig. 6) permet une analyse non destructrice de l'anatomie interne des animaux où la disposition globale des organes est visible. Certains détails anatomiques, tels que les vaisseaux hépatiques peuvent même être décelés. Mais l'utilisation de ces images en coupe est délicate et demande un long travail d'apprentissage, de lecture et d'interprétation. Il est important de noter que la finesse des images obtenues est moins importante pour des spécimens alcoolisés par rapport à des animaux fraîchement tués. Cependant, dans la mesure où cette comparaison n'a pu, pour le moment, être réalisée pour des animaux de la même espèce, il convient d'être prudent quant aux conclusions ; la différence d'hydratation des tissus peut expliquer cette différence.

Un examen par IRM a été mené sur l'arnoglosse de Thor (*Arnoglossus thori*) précédemment décrit. Cette technique

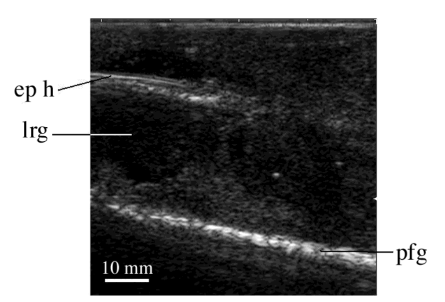


Figure 6. - Coupe transversale virtuelle réalisée par échographie sur un *P. lascaris*. ep h = épine hémale ; lrg = lobe rénal gauche ; pfg = peau de la face gauche. *[Virtual transverse section of a* P. lascaris *realised by echography. ep h = haemal spine; lrg = left kidney lobe; pfg = skin of the left side.]*

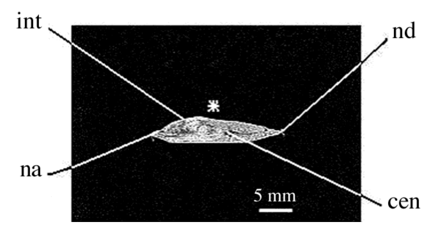


Figure 7. - Coupe transversale virtuelle réalisée par IRM sur un arnoglosse de Thor (*Arnoglossus thori*, Bothidae). L'astérisque indique la face oculée. cen = centrum vertébral ; int = intestin ; na = nageoire anale ; nd = nageoire dorsale. *[Virtual transverse section of* A. thori *realised by MRI. Asterisk shows eyed-side. cen = vertebral centrum; int = gut ; na = anal fin; nd = dorsal fin.]*

apporte des informations anatomiques, avec mise en évidence de la disposition globale des organes (Fig. 7) (Chanet, 2005). La déshydratation du spécimen liée à son séjour prolongé (plusieurs décennies) dans l'alcool a sans doute gêné l'obtention d'images de haute définition, mais c'est avant tout du côté de la puissance du champ magnétique qu'il faut chercher la principale explication. L'appareil utilisé ne disposait que d'un champ magnétique de 0,2 Tesla et seule la disposition générale des organes a pu être observée (Fig. 7) (*ibid*.).

Les apports de ces deux techniques pour l'étude de l'anatomie des spécimens de collection sont encore à préciser. Mais, ces modes d'examens nous semblent fort prometteurs pour obtenir des données anatomiques dans une optique phylogénétique. Nous espérons que de tels travaux pourront être entrepris et continués dans le futur en utilisant notamment un appareil disposant d'un champ magnétique plus puissant.

Les apports de la plastination

Les spécimens disséqués se conservent mal ; les organes mous réséqués perdent leur cohérence et leur structure lors d'une longue conservation au froid ou dans l'alcool. A cet effet, la plastination de spécimens disséqués permet de conserver des organes ou des ensembles d'organes, tant d'un point de vue morphologique que de leurs relations anatomiques. Cette technique mise au point par von Hagens (1979) consiste à remplacer l'eau et les lipides contenus dans les tissus biologiques par divers polymères (silicone, époxy, polyesters,…) qui, en durcissant, permettent d'obtenir des spécimens durables et non odorants (Mejza, 2001). De fait, elle garantit un examen et une manipulation aisés des spécimens. Il s'agit d'une technique de conservation de pièces anatomiques non seulement pour des buts pédagogiques et muséologiques, mais aussi pour conserver en tant que preuves scientifiques des structures fragiles en trois dimensions (Chanet *et al*., 2005). Comme l'avait proposé de Ricqlès (1995) en ce qui concerne la conservation des lames minces d'histologie au sein d'histothèques, la constitution de “plastinothèques” renfermant des pièces anatomiques plastinées constituerait une manière de préserver des données et des spécimens ayant conduit à des observations anatomiques importantes.

Ainsi, si un simple examen de la littérature montre que l'anatomie des structures non minéralisées est une “véritable mine d'information” (Chanet *et al*., 2004) pouvant au moins venir confirmer l'existence de clades proposés par une analyse de données ostéologiques, les techniques modernes d'exploration et de préservation des tissus mous permettent d'avoir accès, de manière non invasive et non destructrice, à des données potentiellement importantes dans le cadre de la reconstitution de l'histoire évolutive des poissons plats et des autres vertébrés.

Remerciements. - Ce travail n'aurait pu être réalisé sans le soutien et l'aide technique d'A. Davenel (Cemagref, Rennes) dans la réalisation de la séance d'IRM, de E. Betti, P. Bugnon et C. Picard (ENVN, Nantes) pour l'aide à la dissection et les plastinations, de M. Fuselier, A. Dorizon (ENVN, Nantes) et V. Legoupil (Gavray) pour la réalisation d'échographies, ainsi que F. Lagardère (CREMA, L'Houmeau) pour la récolte de spécimens et P. Pruvost (MNHN, Paris) pour son aide technique.

RÉFÉRENCES

ASADI M.H., 1998. - Plastination of sturgeons with the S10 technique in Iran: The first trials. *J. Int. Soc. Plast*., 13(1): 15-16.

AUDIGE J., 1910. - Contribution à l'étude des reins des poissons téléostéens. *Arch. Zool. Exp. Gén*., 5(4): 275-624.

CHABANAUD P., 1947a. - Contribution à la morphologie du tube digestif des téléostéens dissymétriques. *Mém. Mus. Natl. Hist. Nat*., Nouv. sér., 1(20): 123-140.

CHABANAUD P., 1947b. - Le rein des Cynoglossidae. *C. R. Acad. Sci*., 225: 1021- 1023.

CHANET B., 2003. - Interrelationships of scophthalmid fishes (Pleuronectiformes: Scophthalmidae). *Cybium*, 27(4): 275-286.

CHANET B., 2005. - L'imagerie par résonance magnétique appliquée aux spécimens de collections. *SFI-Infos*, 33: 8.

CHANET B., CHAPLEAU F. & M. DESOUTTER, 2004. - Os et ligaments intermusculaires chez les poissons plats (Teleostei: Pleuronectiformes) : interprétations phylogénétiques. *Cybium*, 28(1) suppl.: 9-14.

CHANET B., DESOUTTER M., GUINTARD C., BETTI E. & G. GRONDIN, 2005. - The anatomy of the kidney of the Soleidae (Teleostei: Pleuronectiformes): The importance of plastination and interest for the phylogeny of flatfishes. *Anat. Histol. Embryol*., 34(1): 11.

CHAPLEAU F., 1993. - Pleuronectiforms relationships: A cladistic reassessment. *Bull. Mar. Sci*., 52(1): 516-540.

COLE F.J. & J. JOHNSTONE, 1902. - Pleuronectes: The Plaice. *Trans. Liverp. Mar. Biol. Soc*., 8: 145-396.

COOPER J.A. & F. CHAPLEAU, 1998. - Monophyly and intrarelationships of the family Pleuronectidae (Pleuronectiformes), with a revised classification. *Fish. Bull*., 96(4): 686-726.

ESCHMEYER W.N., 1998. - Catalogue of Fishes. Center for Biodiversity Research and Information of the California Academy of Sciences, Spec. Publ., n° 1, 3 vol., 2905 p. San Francisco: California Academy of Sciences.

GROOT S.J. de, 1971. - On the interrelationships between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flatfishes. *Neth. J. Sea Res*., 5(2): 121-196.

HAACKE E.M., BROWN R.W., THOMSON M.R. & R. VENKATESAN, 1999. - Magnetic Resonance Imaging. Physical Principles and Sequence Design (2nd edit.). 914 p. New York: John Wiley & Sons.

HARPUR E.S., WORAH D., HALS P.A., FURUHAMA K. & H. NOMURA, 1993. - Preclinical safety assessment and pharmacokinetics of gadodiamide injection, a new magnetic resonance imaging contrast agent. *Invest. Radiol*., 28(suppl. 1): 28-43.

HENSLEY D.A. & E.H. AHLSTROM, 1984. - Pleuronectiforms: Relationships. *In*: Ontogeny and Systematics of Fishes (Moser H.G., Richards W.J., Kendall A.W., Fahay M.P., Richardson S.L. & D.M. Cohen, eds). *Am. Soc. Ichthyol. Herpetol*., Spec. Publ., 1: 670-687.

HOSHINO K., 2001. - Monophyly of the Citharidae (Pleuronectoidei: Pleuronectiformes: Teleostei) with considerations of pleuronectoid phylogeny. *Ichthyol. Res*., 48: 391-404.

HUBBS C.L., 1945. - Phylogenetic position of the Citharidae, a family of flatfishes. *Misc. Pub. Mus. Zool. Univ. Mich*., 63: 1-38.

KASTLER B. & D. VETTER, 2003. - Comprendre l'IRM. Manuel d'Auto-Apprentissage (5e édit.), 328 p. Paris: Masson.

KOBELKOWSKY A., 2000. - Sistema urogenital de los lenguados de la familia Achiridae (Pisces: Pleuronectiformes) del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 10(1): 51-60.

LECOINTRE G., 2004. - Quelles stratégies pour l'ichtyologie ? *Cybium*, 28(1) suppl.: 5-8.

MEJZA B., 2001. - Contribution à l'étude des méthodes de conservation des pièces anatomiques. Thèse de doctorat vétérinaire, 88 p. École vétérinaire de Nantes.

NORMAN J.R., 1934. - A Systematic Monograph of the Flatfishes (Heterosomata). Vol. 1: Psettodidae, Bothidae, Pleuronectidae. 459 p. London: British Museum (Nat. Hist.).

POLICANSKY D., 1982. - The Asymmetry of Flounders. *Sci. Am*., 246(5): 96-102.

REGAN C.T., 1910. - The origin and evolution of the Teleostean fishes of the order Heterosomata. *Ann. Mag. Nat. Hist*., VI(8): 484-496

RICQLÈS A. de, 1995. - Les vertébrés des Grès de Harding : ce que Vaillant a pu observer. *In*: Premiers Vertébrés et Vertébrés inférieurs (Lelièvre H., Wenz S., Blieck A. & R. Cloutier, eds). *Geobios*, Mém. spéc., 19: 51-56.

RICQLÈS A. de, 1996. - Leçon inaugurale de la chaire de biologie historique et évolutionnisme : Biologie historique et évolutionnisme. 36 p. Paris: Collège de France.

SAKAMOTO K., 1984. - Interrelationships of the family Pleuronectidae (Pisces: Pleuronectiformes). *Mem. Fac. Fish. Hokkaïdo Univ*., 31(1): 95-215.

VON HAGENS G., 1979. - Impregnation of soft biological specimens with thermosetting resins and elastomers. *Anat. Rec*., 194(2): 247-255.

WU H.-W., 1932. - Contribution à l'étude morphologique, biologique et systématique des poissons hétérosomes (Pisces *Heterosomata*) de la Chine. [Thèses présentées à la faculté des Sciences de l'Université de Paris.] *Chin. Heterosomata*, 1-178.